

L'électricité au collège

MATERIEL DEMONSTRATIF ET APPLICATION A L'ETUDE DES DISPOSITIFS DE SECURITE DANS UNE INSTALLATION ELECTRIQUE

par D. DEBUIGNE,
C.R.F. Rennes.

Cet article se propose de montrer que l'on peut utiliser en toute sécurité en 4^e un compteur électrique, un disjoncteur différentiel, des fusibles...

Les règles simples concernant la sécurité en matière d'installations électriques peuvent être aisément mises en évidence, y compris en 6^e, grâce au matériel décrit.

Ce matériel comporte en outre un tableau de démonstration vertical, indépendant, qui peut être utilisé, de la 6^e à la 4^e, dans tous les cas où l'on souhaite ne faire qu'une expérience synthétique au bureau, bien visible de toute une classe.

I. PRESENTATION DU MATERIEL.

Il est constitué de 4 parties indépendantes (à construire) auxquelles s'ajoute une alimentation électrique.

1. Un tableau « circuit de démonstration » : T.

C'est un panneau vertical, posé sur socle horizontal, muni d'un ensemble de rails plastiques sur lesquels on pourra fixer divers accessoires comportant chacun un seul élément électrique.

2. Un ensemble d'accessoires variés : A.

Chaque accessoire est fixé sur un support indépendant, immédiatement fixable sur le tableau T. On peut ainsi disposer de tout le matériel électrique usuel, en particulier de celui communément vendu dans le commerce.

3. Un panneau « Distribution - Sécurité » : P.

Il est aussi vertical, posé sur un socle horizontal et supporte un compteur électrique et un disjoncteur différentiel usuels, avec entrées et sorties indépendantes, permettant d'utiliser l'un sans l'autre.

4. Une maquette de personnage avec « témoin d'électrocution » : M.

Autre matériel nécessaire.

Les circuits électriques seront réalisés à l'aide de cordons d'alimentation usuels à 2 fiches bananes.

L'alimentation électrique se fait avec un générateur 6 ou 12 volts *alternatifs* si l'on utilise le panneau P ou, évidemment en 6 ou 12 volts continus dans le cas de l'emploi du seul tableau T.

L'alimentation en 6 V alternatifs devra pouvoir débiter de 8 à 10 A, mais en 12 V alternatifs une intensité maximale de 5 A suffira.

II. PRINCIPE DE BASE DE LA CONSTRUCTION DE L'ENSEMBLE.

Coût : 200 F environ (sans matériaux de récupération...).

Il utilise des goulottes plastiques, actuellement de plus en plus fréquemment employées pour dissimuler les câbles électriques. Elles sont vendues par longueur de 2 mètres (mais des chutes peuvent être utilisées).

Celles employées ici ont 6 cm de large et 4 cm de hauteur. Ces goulottes comportent 2 parties : une creuse G_1 , l'autre plate G_2 appelée couvercle qui coiffe normalement G_1 .

L'usage de ces goulottes (inspiré de celui utilisé dans le module « automatisme », expérimenté dans le cadre des travaux de la commission Lagarrigue) est inversé par rapport à celui des électriciens : le couvercle G_1 est fixé sur un support vertical, un léger pincement permettra d'y fixer la partie G_2 portant un accessoire électrique et des bornes disposées de part et d'autre de l'accessoire afin que les circuits réalisés sur le tableau soient les plus clairs possibles (schémas 1 et 6).

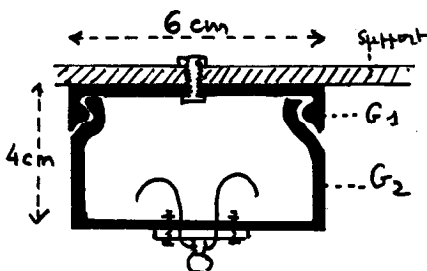


Schéma 1

1. Le tableau « circuit de démonstration » : T.

Ce tableau carré, d'environ 65 cm de côté, comporte un cadre rigide (constitué de tasseaux de bois de section $3,5 \times 3,5$ cm, reliés par un assemblage à mi-bois, par exemple) sur lequel est fixé un panneau d'isorel, perforé si possible.

Deux pieds de 30 cm de longueur, découpés dans le même bois permettent au tableau de tenir verticalement de façon stable. Il est même possible de réaliser un système permettant aux pieds de pivoter, en vue d'un meilleur rangement. Sur l'isorel, on fixe des bandes découpées dans la partie couvercle de la goulotte. Le schéma 2 montre une disposition possible de ces bandes (3 bandes de 60 cm et 8 bandes de 15 cm) (schéma 2).

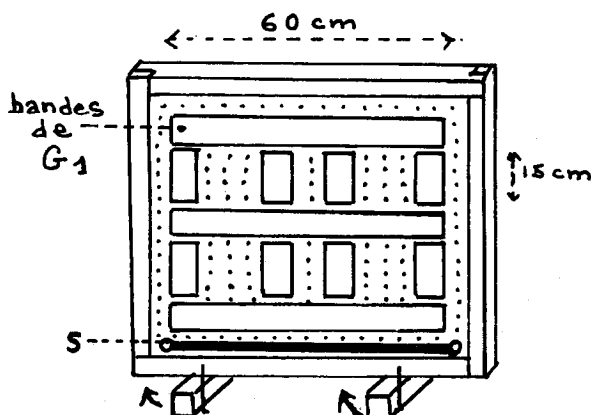


Schéma 2

Le plastique (PVC) des goulottes se sciant et se perçant facilement (une simple vrille peut suffire), les bandes seront fixées chacune par 2 petits écrous.

L'usage de l'isorel perforé permet de modifier leur position ou leur nombre si cela est nécessaire.

Afin que seuls les accessoires soient visibles de loin, lorsqu'ils seront fixés sur le tableau, il est intéressant de peindre les bandes de la même couleur que l'isorel : les accessoires ressortiront sur un fond uniforme.

Enfin, sur la partie inférieure du tableau, on peut fixer une barre (ou un tube métallique) muni de bornes. Celle-ci symbolisera le sol de la pièce où l'on dispose l'appareillage électrique étudié.

2. Les accessoires A.

Ils sont fixés sur des longueurs de 12 cm découpées dans la partie creuse G_2 de la goulotte.

Deux (ou plus) bornes électriques complètent chaque accessoire.

Les fils électriques de liaison passent à l'intérieur de la goulotte avant d'être soudés sur les bornes (schéma 1).

Ici encore, la fixation par petits écrous est aisée.

2 a) Cas de l'expérience avec compteur et disjoncteur en 4^e.

Cette expérience nécessite de fixer sur goulotte au minimum :

- une lampe de forte puissance (6 ou 12 V ; 40 à 50 watts),
- une autre lampe qui peut être moins puissante,
- un interrupteur simple du commerce,
- deux porte-fusibles,
- une prise de courant.

* Comme lampe, il est pratique d'utiliser une lampe pour phare de voiture (schéma 3). Un seul filament sera utilisé. On peut donc envisager de fixer une lampe usagée de voiture car, en général, seul le filament « code » est coupé.

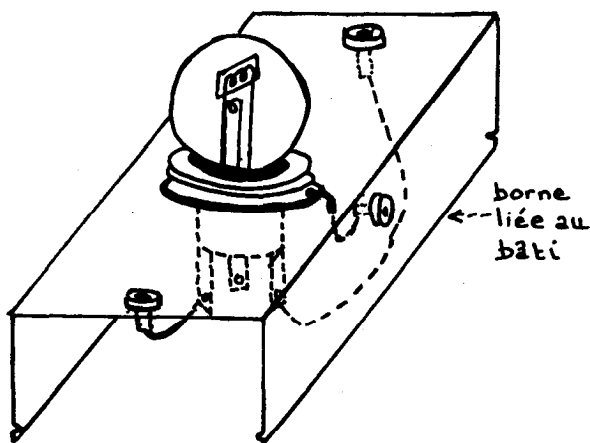


Schéma 3. — La lampe de phare.

La fixation de ce type de lampe ne pose pas de problème car elle comporte un support intégré. Une 3^e borne reliée au

bâti de la lampe est très utile pour pouvoir aisément simuler un défaut d'isolation ou une liaison avec la terre.

Dans ce cas, cette borne sera fixée sur le côté de la goutte, afin de ne pas compliquer la vue globale du circuit réalisé.

* Les interrupteurs du commerce, ainsi que les prises de courant qui sont les plus faciles à fixer sont ceux qui ne sont pas destinés à être encastrés. Deux écrous suffisent à fixer leur boîtier.

* Les porte-fusibles choisis ici sont du type « tabatière » (coupe-circuit rechargeable avec fil fusible en plomb). La rupture du fusible est accompagnée d'un bruit sec ; il suffit alors d'ouvrir le couvercle pour constater la rupture du fusible. Le changement de fusible est simple et économique.

Remarque.

Dans le cas de tout le matériel utilisé avec le compteur électrique, une forte intensité passe dans le circuit (entre 4 et 8 A si on utilise une alimentation en 6 ou 12 V). Il est alors nécessaire d'utiliser et de souder des fils électriques de grande section (1 mm²) afin de ne pas introduire de résistance, donc de consommation d'énergie supplémentaire dans le circuit.

2. b) Cas d'autres utilisations.

Il est possible de fixer de façon analogue :

- des lampes sur support mignonette,
 - des interrupteurs divers du commerce (boutons-poussoirs, interrupteurs simples, interrupteurs de type va-et-vient avec trois bornes),
 - des petits moteurs,
 - des piles plates ou rondes,
- (un peu d'imagination est nécessaire pour réaliser une bonne fixation et un bon contact ; on peut en particulier penser au feillard métallique qui peut être façonné pour fournir des contacts souples qui seront maintenus par les bornes),
- un télérupteur avec ses 4 bornes,
 - etc.

3. Le panneau « Distribution - Sécurité.

Sur une planche épaisse verticale, on fixe un compteur C et un disjoncteur différentiel D (sensibilité de 300 à 500 mA).

On note sur le schéma 4 qu'il comporte trois ensembles de deux bornes :

- les bornes d'entrée E permettant la liaison compteur-générateur,
- les bornes S_1 servant à ne pas utiliser le disjoncteur D,
- les bornes S_2 servant à l'utilisation de l'ensemble C + D.

Les fils et les bornes devront être soit noirs soit rouges. En effet, on devra distinguer, dès l'entrée E, un fil de phase et un fil neutre et tenir compte de leur continuité dans C et D.

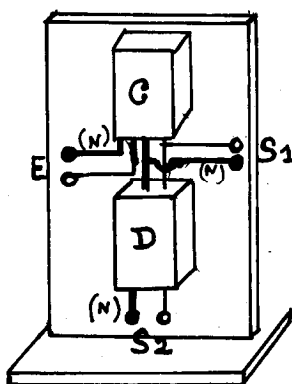


Schéma 4

4. La maquette du personnage.

Elle est en bois, fixée sur socle et comporte en façade une lampe L sur support mignonnette et deux bornes B_1 et B_2 (schéma 5).

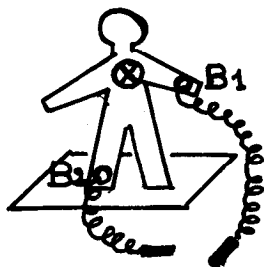


Schéma 5

Dans le cas d'une alimentation 6 V on doit mettre au dos du personnage une deuxième lampe 3,5 V - 0,2 A ou 3,5 V - 0,3 A

en dérivation avec la première afin de faire « sauter » le disjoncteur 400 mA, sinon on doit les brancher en série.

Dans le cas d'une alimentation en 12 V on doit de la même façon brancher en dérivation deux lampes 6 V - 0,25 A ou deux lampes 6 V - 0,3A, l'une disposée en façade et l'autre au dos du personnage. Un branchement en série doit être possible.

Un essai doit être fait pour le choix définitif de ces lampes : en effet le survoltage ne doit normalement pas faire griller les lampes L.

Aux deux bornes B_1 et B_2 sont liés deux fils souples assez longs (80 cm), dont les extrémités pourront toucher les diverses parties des circuits réalisés sur le tableau T.

La (ou les) lampe peut briller vivement dans deux cas différents :

- elle brille en permanence et c'est le signal d'une électrocution,
- elle brille brièvement car le disjoncteur fonctionne... et le personnage est sauvé... si et seulement si la sensibilité du disjoncteur est suffisante.

III. EMPLOI EN CLASSE DE QUATRIEME.

On réalise le montage du schéma 6, avec le matériel décrit dans le paragraphe II.

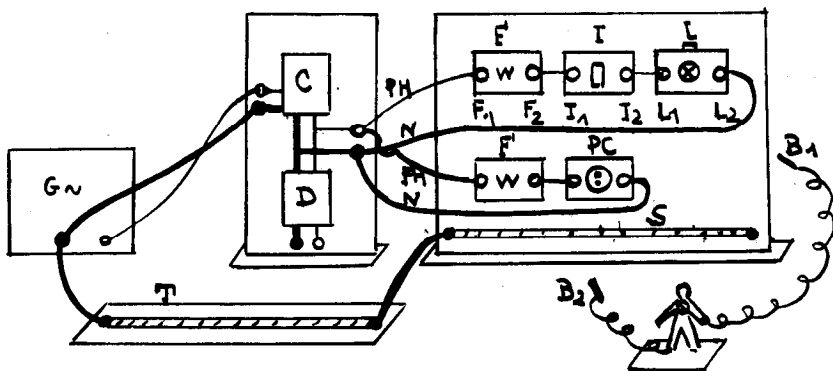


Schéma 6

Une borne de G est reliée à la « terre » (barre métallique par exemple); elle-même reliée au sol S du tableau.

On définit ainsi un fil de phase PH et un fil neutre N au niveau de l'utilisateur.

Dans tous les circuits, on doit donc respecter un choix pour les couleurs des fils : par exemple les fils de phase sont rouges et les neutres noirs.

Sur le tableau, on dispose en ligne : un fusible F, un interrupteur I et une lampe L. A l'aide de fils souples, on réalise le circuit F-I-L comme l'indique le schéma 6.

On branche aussi, entre phase et neutre, une prise de courant PC avec un autre fusible dans ce deuxième circuit.

On peut alors faire, par exemple, les expériences suivantes. L'ordre choisi pour ce catalogue d'expériences est indépendant de tout choix pédagogique.

EXPERIENCES AVEC UN GENERATEUR ALTERNATIF

Expérience 1 : Montrer l'importance de la position de l'interrupteur dans le circuit.

- Sans utiliser le disjoncteur ;
- B₂ touche le sol (le personnage est sur un sol mouillé - ou dans son bain - ou touche un conducteur).

a) Cas du circuit F-I-L :

* cas où I est ouvert :

B ₁ touche L ₁	 Rien,	
L ₂	 Rien,	bonne protection
I ₂	 Rien,	
I ₁	 Electrocutation,	
F ₁	 Electrocutation,	
F ₂	 Electrocutation...	

Conclusion à la nécessité de couper C avant de bricoler I ou F ;

* cas où I est fermé :

B ₁ touche L ₂	 Rien,
L ₁ , I ₂ , I ₁ , F ₂ , F ₁	 Electrocutation.

b) Cas du circuit F-L-I (on intervertit I et L (schéma 7) :

* cas où I est ouvert :

B ₁ touche L ₁ , L ₂ , I ₁	 Electrocutation.
	Montage incorrect.
I ₂	 Rien.

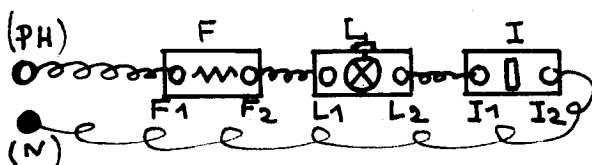


Schéma 7

Expérience 2 : Montrer le rôle d'un disjoncteur différentiel.

Reprendre le circuit F.I.L.

Utiliser les bornes S_2 au lieu de S_1 pour introduire le disjoncteur différentiel.

B_2 touche le sol.

On réalise les mêmes expériences que dans le cas précédent.

Là où l'électrocution se produisait, le personnage est maintenant protégé par le disjoncteur qui « saute » si sa sensibilité est suffisante alors que *le fusible reste intact*. Sinon il peut être électrocuté (2 lampes du personnages en série).

Expérience 3 : Montrer l'importance d'une prise de terre.

Sans disjoncteur, on crée un défaut d'isolation en réunissant le bâti de la lampe L à la borne L_1 .

Si I est fermé et si B_1 touche le bâti de la lampe (de phare) : électrocution.

Ouvrir I .

Réunir ensuite le bâti à la terre à l'aide d'un fil de « terre » respectant le code des couleurs (rayé jaune et vert par exemple).

Fermer I . Le fusible doit fondre (bien le choisir) sinon conclure.

Avec disjoncteur, si on réunit le bâti de la lampe à la borne L_1 , le disjoncteur saute dès que l'on ferme I .

Expérience 4 : Montrer le rôle du fusible.

Brancher une seconde lampe aux bornes de L . Le fusible choisi doit fondre.

Il est possible de mesurer l'intensité du courant dans le circuit et de la comparer à l'indication portée sur la carte des divers fils fusibles.

Montrer qu'un fil de faible section ajouté au circuit s'échauffe au point de fondre la gaine plastique qui l'entoure, ce qu'évitera un fusible bien choisi.

Expérience 5 : Montrer le danger d'une prise de courant.

Avec ou sans disjoncteur.

En utilisant le personnage dont B₂ touche le sol, montrer l'existence d'un neutre et d'une phase.

Réunir les deux bornes du personnage aux deux bornes de la prise de courant PC.

Si celui-ci est bien isolé du sol, le disjoncteur ne sautera pas, même s'il est de haute sensibilité.

D'où la nécessité de cache-prises pour la protection des jeunes enfants.

Expérience 6 : Montrer le danger de certains bricolages.

Réunir le personnage aux deux bornes de la lampe. Conclure au danger de bricoler un appareil branché, même bien isolé de la terre.

Expérience 7 : Vérifier la consommation d'énergie.

On mesure U et I dans le circuit pendant le temps t . On peut comparer $U \times I \times t$ à l'indication du compteur (compter le nombre de tours en un temps donné).

Avec une lampe de voiture, le compteur tourne suffisamment vite pour que l'expérience puisse être faite, ici en toute sécurité. Les résultats sont bons si les fils de jonction sont assez gros (faible résistance devant celle de la lampe). Ils ne doivent pas chauffer.

Remarques.

1) Le disjoncteur utilisé (300 mA) ne suffit pas pour protéger un être humain. Les normes de haute sécurité imposent des disjoncteurs différentiels H.S. réglés à 30 mA.

2) En classe de quatrième, ce montage peut être utilisé pour visualiser, à l'aide d'un oscillographe les tensions entre différents points d'un circuit, ouvert ou fermé, en alternatif ou en continu.

Cette étude peut d'ailleurs être faite avant toutes les expériences décrites qui seront ainsi plus aisément interprétées.
